

Universitat de Lleida

Grau en Fisioteràpia

Efectivitat de l'entrenament neuromuscular propioceptiu en la prevenció de lesions de lligament creuat anterior en jugadores adolescents de futbol femení. Revisió sistemàtica

Per: Marta Callau Llaó

FACULTAT D'INFERMERIA I FISIOTERÀPIA

Tutor/a: Diana Renovell Romero

Treball Final de Grau

Curs 2017-2018

25 de maig de 2018

ÍNDEX

RESUM.....	7
ABSTRACT.....	8
1. INTRODUCCIÓ.....	9
1.1. Les lesions en el futbol femení.....	9
1.2. Bases anatòmiques i fisiològiques del genoll.....	12
1.2.1. Anatomia del genoll.....	12
1.2.2. El lligament creuat anterior (LCA).....	13
1.2.3. Biomecànica del genoll.....	14
1.2.4. L'estabilitat del genoll.....	15
1.3. Control neuromuscular i propiocepció.....	16
1.4. Justificació.....	18
2. OBJECTIUS.....	19
3. METODOLOGIA.....	20
3.1. Pregunta d'investigació.....	20
3.2. Estratègia de cerca.....	20
3.3. Criteris d'inclusió i exclusió.....	21
3.4. Resultats de l'estratègia de cerca.....	22
3.5. Avaluació de la qualitat metodològica.....	24
3.6. Avaluació dels resultats.....	25
4. RESULTATS.....	26
4.1. Avaluació de la qualitat metodològica.....	26
4.2. Anàlisi dels resultats.....	26
4.3. Eines d'avaluació dels resultats.....	33
5. DISCUSSIÓ.....	36

6. LIMITACIONS I BIAIXOS.....	40
7. CONCLUSIÓ.....	41
8. BIBLIOGRAFIA.....	43
ANNEXES.....	47
ANNEX I. Avaluació de la qualitat metodològica	47

LLISTA DE TAULES

Taula 1. Factors de risc intrínsecs no modificables en el risc de lesions de LCA.....	10
Taula 2. Factors de risc intrínsecs modificables en el risc de lesions de LCA.....	11
Taula 3. Tipologia i funció dels mecanorreceptors.....	16
Taula 4. Taula PICO.....	20
Taula 5. Estratègia de cerca Pubmed 1.....	22
Taula 6. Estratègia de cerca Pubmed 2.....	22
Taula 7. Estratègia de cerca Pubmed 3.....	22
Taula 8. Estratègia de cerca Pubmed 4.....	22
Taula 9. Estratègia de cerca ScienceDirect.....	23
Taula 10. Estratègia de cerca PEDro.....	23
Taula 11. CRF-QS dels estudis inclosos.....	26
Taula 12. CEBM dels estudis inclosos.....	26
Taula 13. Extracció de dades dels estudis inclosos.....	27
Taula 14. Característiques del programa d'entrenament neuromuscular.....	31
Taula 15. Descripció del programa d'entrenament neuromuscular.....	33
Taula 16. Eines d'avaluació dels resultats.....	34
Taula 17. Limitacions i biaixos.....	41

LLISTA DE FIGURES

Figura 1: Efectes de la lesió en el control neuromuscular..... 17

Figura 2: Diagrama de l'estratègia de cerca.....24

LLISTAT D'ACRÒNIMS

UEFA Unió de Federacions de Futbol Europees

LCA Lligament Creuat Anterior

LCP Lligament Creuat Posterior

LLE Lligament Lateral Extern

EIAS Espina Iliaca Anterosuperior

TTA Tuberositat Tibial Anterior

PICO Pacient, Intervenció, Comparació, "Outcomes"

CRF-QS Critical Review Form-Quantitative Studies

EEII Extremitat inferior

VL Vast Lateral

ST Semitendinós

BF Bíceps Femoral

EMG Electromiografia

MSFT Multistage Fitness Test

SEBT Star Excursion Balance Test

GC Grup control

GE Grup experimental

RS Revisió Sistemàtica

IC Interval de confiança

NMT Treball neuromuscular

RESUM

PREGUNTA DE REVISIÓ. És efectiu l'entrenament neuromuscular propioceptiu per a la prevenció de lesions de lligament creuat anterior en jugadores adolescents de futbol femení? **OBJECTIU. General:** Analitzar l'efectivitat de l'entrenament neuromuscular propioceptiu en la prevenció de lesions de lligament creuat anterior en jugadores adolescents de futbol femení. **Específics:** Comparar l'efectivitat dels programes preventius neuromusculars en LCA existents en l'actualitat, identificar els diferents tipus d'exercicis que el formen i determinar els paràmetres de càrrega òptima de treball més efectius. **METODOLOGIA. Estratègia de cerca:** Es realitza una cerca bibliogràfica durant els mesos de desembre de 2017 i maig de 2018 en les bases de dades Medline, PEDro i Science Direct. **Criteris de selecció:** assajos clínics experimentals de control aleatori publicats des de l'any 2012 fins l'actualitat que incloguin programes d'entrenament neuromuscular per la prevenció de la lesió de lligament creuat anterior en jugadores adolescents de futbol. **Recopilació i anàlisi de les dades:** Es va realitzar una avaluació de la qualitat metodològica dels articles seleccionats per la revisió que complien els criteris d'inclusió a través del "Critical Review Form-Quantitative Studies", així com el nivell d'evidència i el grau de recomanació mitjançant l'escala CEBM. **RESULTATS.** Es van incloure cinc estudis de bona, molt bona i excel·lent qualitat metodològica publicats entre 2012 i 2018. Van comprendre un total de 4995 jugadores de futbol adolescents entre 12 i 18 anys. **CONCLUSIÓ.** Els estudis inclosos en aquesta RS mostren resultats significatius en relació a l'efectivitat del tractament amb programes de prevenció neuromusculars propioceptius modificant diferents factors com els biomecànics o neuromusculars. Es necessiten més estudis actuals que permetin determinar un protocol de treball de prevenció més eficaç en la lesió de LCA en aquesta població d'estudi en concret.

PARAULES CLAU: Revisió sistemàtica, LCA, prevenció, neuromuscular, futbol

ABSTRACT

REVIEW QUESTION. Is proprioceptive neuromuscular training effective for the prevention of anterior cruciate ligament injuries in teenage female football players? **OBJECTIVES. General:** Analyse the effectiveness of proprioceptive neuromuscular training in the prevention of anterior cruciate ligament injuries in teenage female football players. **Specific:** Compare the effectiveness of existing neuromuscular prevention programs in LCA, identify the different types of exercises that form it and determine the optimal and most effective work load parameters. **METHODOLOGY. Search strategy:** During December 2017 and May 2018, bibliographic search is made using Medline, PEDro and Science Direct databases. **Selection criteria:** Experimental randomized clinical trials published from 2012 up to the present that include neuromuscular training programs for the prevention of ACL injuries in teenage female football players. **Data collection and analysis:** An evaluation of the methodological quality of the selected articles for the review that met the inclusion criteria was made using the "Critical Review Form-Quantitative Studies", as well as the evidence level and recommendation degree through the CEBM scale. **RESULTS.** Five studies of good, very good and excellent methodological quality published between 2012 and 2018 were included. They studied a total of 4995 teenage female football players from 12 to 18 years old. **CONCLUSION.** The studies included in this RS show significant results in relation to the effectiveness of treatment with proprioceptive neuromuscular prevention programs modifying different factors such as biomechanics or neuromusculars. More current studies are needed to determine a more effective prevention work protocol in the ACL injury in the population study case.

KEYWORDS: Systematic Review, ACL, prevention, neuromuscular, football

1. INTRODUCCIÓ

1.1. Les lesions en el futbol femení

El futbol és un esport de contacte que requereix una gran intensitat física i per tant és un dels esports que més risc de lesió produeix. La pràctica de noies en el futbol ha evolucionat considerablement amb els anys, segons l'últim informe de la UEFA l'any 2017 hi havia registrades 1.365.524 jugadores i comparant entre els equips joves de dones sent de 21.285 (2013) jugadores, havia evolucionat en l'últim any a 35.183 (2017) (1).

Els estudis epidemiològics que han analitzat les lesions esportives afirmen que els esports amb més risc lesiu són el futbol, el bàsquet o el rugbi (2-4) i es produeixen principalment durant la competició abans que durant l'entrenament (2,5). Al augmentar el nombre de participants femenines, també ha augmentat el risc de lesions. Les dones tenen de 2 a 4 vegades major risc de patir lesions esportives respecte els homes sent la regió anatòmica més afectada el genoll i majoritàriament la lesió del lligament creuat anterior (LCA) (6-9). Tanmateix, diferents estudis han posat de manifest el major risc de lesions de genoll en dones futbolistes i especialment del LCA entre 4-6 vegades respecte als homes (5,10,11).

En les dones, el major nombre de lesions de LCA es produeixen per un mecanisme sense contacte o no traumàtiques (11-13). El mecanisme lesional es produeix durant el contacte amb el terra de l'extremitat, realitzant una flexió de genolls inadequada i amb un valg accentuat acompanyat d'una rotació externa de maluc. És causat per una pertorbació o agitació d'una força externa o interna i en demandes esportives com desacceleracions brusques, frenades, talls, pivotatges, recepcions de salts o canvis de direcció o sentit (8,14,15).

Les lesions esportives presenten una major incidència en aquelles edats on és més freqüent la pràctica d'exercici físic i especialment l'esport de competició. L'etapa de l'adolescència (11-19 anys) és el període on es produeixen més lesions esportives (3,4,9,10,16).

Aquest fet es produeix degut als diferents factors externs i interns que fan que es reproduxeixi el mecanisme lesional. Els factors de risc interns són de vital importància en la dona ja que compleix una sèrie de característiques diferents a les de l'home i la predisposen a tenir una major incidència en la lesió. Els factors de risc interns no modificables que trobem són (17-26):

FACTORS DE RISC INTERNS NO MODIFICABLES		
Factors anatòmics	Angle Q: angle orientat per la línia formada per la EIAS i ròtula i línia formada per la ròtula fins la TTA.	Un angle Q augmentat augmenta l'estrès a nivell medial dels lligaments que conformen l'articulació.
	Mida i forma de l'escotadura intercondíia.	Un solc intercondili més estret provoca un compromís entre el lligament i els elements ossis.
	Laxitud lligamentosa.	Produeix un destacat <i>genu recurvatum</i> o <i>genu valgum</i> .
	Mida del LCA.	Un lligament prim disminueix la resistència màxima a la tracció.
Factors hormonals	Cicle menstrual.	Incidència lesional major en la fase preovulatòria. Major nombre de lesions en el període peri-ovulatori. En la fase d'ovulació major laxitud.
	Nivell estrògens.	Alt nivell d'estrògens disminueix la força tensional del LCA. El LCA té receptors d'estrògens.
	Anticonceptius orals.	Els anticonceptius orals estableixen els nivells hormonals durant el cicle menstrual i poden ajudar a mantenir aquesta estabilitat i reduir el risc de lesions.
Edat	Es produeixen una sèrie de canvis anatòmics, biomecànics, neuromusculars i hormonals durant l'etapa de la pubertat. L'edat també estaria relacionada amb els òptims efectes del complex múscul-tendó.	

Taula 1. Factors de risc intrínsecs no modificables en el risc de lesions de LCA

FACTORS DE RISC INTERNS MODIFICABLES		
Factors biomecànics i neuromusculars	Força muscular.	Menor en les dones. Rati de quàdriceps i isquiotibials desigual.
	Patrons de reclutament i activació muscular.	Major activació del quàdriceps respecte als isquiotibials. Major temps per assolir el pic màxim de força.
	Patrons de moviment. <ul style="list-style-type: none"> - ABD genoll - Cisalla anterior tibia - Moviment lateral tronc - Rotació tibia 	Menor estabilitat i articular tant passiva com activa.
	Dèficits de coordinació i propiocepció.	Disminuïda la estabilització dinàmica.
	Estabilitat lumbopèlvica.	Estabilitat pobre i major fatiga.
	Pronació del peu.	Produeix una rotació interna de la tibia i per tant un compromís del LCA. Es pot modificar amb ortesis plantars.
	Resistència a la fatiga.	La baixa condició física pot comportar un increment de la fatiga i d'aquesta manera un increment de lesions.

Taula 2. Factors de risc intrínsecs modificables en el risc de lesions de LCA

Els factors de risc extern com les hores d'entrenament o la adherència també estarien condicionats en una lesió de LCA. *Clausen et al.* (27) afirmaven que les jugadores de baixa participació futbolística tenen un risc de lesió significativament major en comparació amb les que participen freqüentment. La fatiga muscular també és un factor de risc important com afirmaven *De Ste Croix et al.* (28) on van manifestar que la fatiga específica durant un entrenament o competició futbolística condueix a un compromís de la retroalimentació neuromuscular, fet que provocaria un increment de les lesions.

Dos estudis també afirmaven que les noies futbolistes tenien tendència a lesionar-se el LCA contralateral o el de suport, a diferència dels nois que es lesionen el LCA de la cama dominant o de xut. L'estudi observacional de *Brophy et al.* (29) va concloure que el 74,1% dels homes (20/27) es van lesionar la cama dominant en comparació amb el 32% (10/31) de les dones. Les dones en lesió de LCA sense contacte es lesionaven majoritàriament la cama de suport a diferència dels homes on la cama dominant és la principal lesionada (8).

1.2. Bases anatòmiques i fisiològiques del genoll

1.2.1. Anatomia del genoll

L'articulació del genoll està formada per tres ossos: el fèmur, la tibia i la ròtula. El fèmur i la tibia formen l'articulació femorotibial i el fèmur i la ròtula formen l'articulació femororotuliana. Aquestes articulacions estan envoltades conjuntament dintre d'una càpsula articular. El peroné no està inclòs en aquesta articulació, tot i que independentment juntament amb la tibia forma l'articulació tibioperonea (30).

En la càpsula articular, a més d'estar reforçada per alguns lligaments també s'hi veuen implicats alguns grups musculars on el seu origen o inserció recorren per aquesta zona. Els músculs adjacents de l'articulació són els responsables de reproduir el moviment, en aquest cas s'insereixen els quàdriceps (vast intermedi, vast medial, vast lateral i recte femoral) , isquiotibials (bíceps femoral, semitendinos i semimembranos), gràcil, sartori, popliti i tensor de la fàscia lata i s'originen els gastrocnèmis (lateral i medial) i plantar prim (30).

Entre la tibia i el fèmur també trobem els meniscs (medial i lateral). Són estructures formades per una part de teixit connectiu que està vascularitzada i de fibrocartílag, que en canvi no està vascularitzada i es nodreix exclusivament del líquid sinovial. Una de les funcions principals és l'augment de la superfície, la distribució de les pressions articulars i afavorir la incongruència articular (30).

Una altra de les estructures que formen l'articulació seria la borsa sinovial, que conté el líquid sinovial i la principal funció és reduir la fricció entre els ossos i proporcionar un coixí entre les estructures que la formen (30).

El complex lligamentós ha de garantir l'estabilitat i el moviment de l'articulació deguda a l'escassa congruència òssia de l'articulació. Està format tant per lligaments externs (llig. i retinacle rotulià, llig. col·laterals medial i lateral i llig. popliti) com pels lligaments interns (llig. creuat anterior, llig. creuat posterior, llig. transvers del genoll i llig. meniscefemoral posterior) (30).

1.2.2. El lligament creuat anterior (LCA)

Els lligaments creuats del genoll són els encarregats de regular la mecànica articular i els "òrgans sensors" que informen de la posició de les superfícies articulars, la direcció i magnitud de les forces i de forma indirecta informen de la distribució de les tensions articulars. Estan formats de col·lagen tipus I i la principal funció és impedir el desplaçament anterior de la tibia en relació al fèmur, les rotacions excessives del genoll quan es troba en flexió i en menor mesura, controlar la laxitud en var i en valg. La ruptura del LCA aïllada o combinada amb lesions meniscals o de lligaments col·laterals, produeix canvis degeneratius entre el 60-90% dels pacients després de la lesió. Tot i que la falta del LCA no sempre produeix una pèrdua funcional important, està indicada la seva reparació, especialment en esportistes ja que s'evita el risc de ruptura de menisc i canvis degeneratius articulars precoços si es continua amb l'activitat esportiva (31-33).

El LCA és una estructura intra-articular i extra-sinovial, situada a l'escotadura intercondília del genoll. El seu recorregut és anteroextern i flueix obliquament des del seu origen en la porció medial del còndil femoral lateral i descendeix en direcció caudal, ventral i anterior fins inserir-se a la zona anteromedial del plat tibial, part anterior del menisc intern per davant i menisc extern pel darrera. El LCA adopta una disposició helicoïdal, característica que proporciona una tensió adequada en tot el seu rang de moviment. Està constituït per tres fascicles, regulars i ben orientats però diferents entre si, que s'enrotllen a mesura que s'incrementa la flexió; el feix anterointern, posteroextern i l'intermedi. La bibliografia també descriu que aquest lligament solament està format per dos feixos; l'anteromedial i el posterolateral (32).

El LCA, de la mateixa manera que el LCP i el LLE, és un lligament cordonal, a diferència dels altres lligaments del genoll. Després d'una ruptura mai restableixen la seva continuïtat, per aquest fet el tractament d'una ruptura completa ha de ser quirúrgic. El LCA està íntimament relacionat amb el LCP i estan coberts per una capa sinovial contínua. A nivell funcional, els dos lligaments s'entrecreen en X en rotació tibial interna i adopten plans paral·lels en rotació externa. Durant

l'extensió, el LCA topa amb el sostre de l'escotadura intercondílica i per tant limita la hiperextensió, tot i que les seves fibres estan contínuament en tensió degut a la seva desigualtat de característiques (31-33).

Globalment els lligaments creuats asseguren l'estabilitat anteroposterior del genoll de la mateixa manera que permeten els moviments de xarnera mantenint les superfícies articulars en contacte (31-33).

1.2.3. Biomecànica del genoll

La biomecànica és una de les principals claus de la funció, l'estabilitat i el procés de degeneració de les articulacions. El genoll és l'articulació mitja del membre inferior i treballa essencialment en compressió sota l'acció de la gravetat. L'amplitud articular del genoll parteix d'una extensió completa (0°) fins als 120°-150° de flexió. És una articulació d'*un grau de llibertat* principalment, la flexo-extensió a través de l'eix transversal. De manera accessòria l'articulació del genoll posseeix un *segon grau de llibertat*: la rotació sobre l'eix longitudinal de la cama, que tan sols apareix en flexió. Amb el genoll també en flexió, es produeixen moviments lleus de lateralitat gràcies al joc mecànic de l'articulació. En extensió completa aquest moviment desapareix i si hi fos present, es consideraria patològic. Des del punt de vista mecànic, el genoll (31):

- Ha de tenir una gran estabilitat en extensió màxima, posició on el genoll es veurà compromès a esforços importants.
- Ha d'adquirir una gran mobilitat a partir de cert angle de flexió, necessària durant la carrera i orientació òptima del peu en terrenys desiguals.

La poca adherència a les superfícies (condició necessària per aconseguir una bona mobilitat) pot comportar a l'articulació a patir esquinços i luxacions.

El genoll és una articulació complexa amb diferents punts de contacte, pressions i eixos que es veuen afectats quan hi ha una limitació funcional. El LCA com un dels lligaments intra-articulars, té una major influència en la cinemàtica resultant de l'articulació (32). L'eix longitudinal de la diàfisis femoral forma juntament amb l'eix de l'esquelet de la cama, un angle obtús entre 170°-175° formant el valg fisiològic del genoll. En canvi, l'eix mecànic de l'articulació, format pel maluc, genoll i turmell

romanen alineats en la mateixa recta. Considerant que els malucs estan més separats entre si que els turmells, l'eix mecànic del membre inferior és lleugerament oblic.

Per aquest fet, com més àmplia sigui la pelvis (com en el cas de la dona), l'angle estarà més obert i el valg fisiològic del genoll estarà més accentuat. Aquest fet explica la diferència fisiològica de l'articulació entre l'home i la dona i l'augment del risc en patir lesions de LCA ja que és el lligament que es veurà més afectat en aquesta disfunció (31).

1.2.4.L'estabilitat del genoll

L'estabilitat és la principal funció que realitza l'articulació del genoll i la que més patologia provoca quan hi ha una disfunció. Aquesta ve donada pels components articulars que la formen, en aquest cas els lligaments exerceixen un paper molt important. El genoll té 3 graus d'estabilitat com són la transversal, l'anteroposterior i la rotatòria (31).

- Estabilitat transversal: L'angle del valg de genoll posseeix un paper important en aquest tipus d'estabilitat. El valg fisiològic ha de ser de 170° per tant, com més accentuat sigui aquest valg, el sistema lligamentós intern, -que és el que s'oposa a aquesta dislocació-, haurà de compensar aquesta anormalitat i l'estructura estarà compromesa a sofrir una lesió. En alguns casos, el cos està en desequilibri intern sobre el genoll en càrrega i provoca una accentuació del valg fisiològic. Si les forces transversals fossin extremadament altes, els lligaments col·laterals es trencarien segons el tipus de desequilibri que es produís (intern o extern) (31).

Durant la marxa i la carrera, el genoll es veu contínuament sol·licitat per forces laterals. Els lligaments col·laterals i els músculs que constitueixen el conjunt de lligaments actius, són els principals responsables de l'estabilitat del genoll (31).

- Estabilitat anteroposterior: L'estabilitat en aquest eix de moviment és totalment diferent segons si el genoll està lleugerament flexionat o en hiperextensió. Amb alineació normal amb lleugera flexió, el múscul quàdriceps és indispensable per a controlar aquest moviment de la mateixa manera que ho són els isquiotibials i gastrocnèmis. Pel contrari, si el genoll està en hiperextensió es produeix un bloqueig produït pels elements capsulo-ligamentosos (ligaments col·laterals, LCP, LCA) i elements musculars (31).

- Estabilitat rotatòria: Els moviments en rotació tan sols es produeixen en flexió de genoll, quan està el genoll en extensió els lligaments creuats i laterals ho impedeixen. Durant la rotació interna de la tibia sobre el fèmur, els lligaments s'enrotllen entre si i es tensen bloquejant ràpidament la rotació. Durant la rotació externa de la tibia sobre el fèmur els lligaments tenen tendència a estar paral·lels i no formen el cordó. Per tant la rotació externa no està limitada per la tensió dels lligaments creuats (31).

1.3. Control neuromuscular i propiocepció

El concepte de propiocepció va ser definit per *Sherrington* l'any 1906 com la informació sensorial que contribueix al sentit de la posició pròpia i del moviment. Engloba una serie d'impressions sobre l'estat funcional de les articulacions i els músculs. Aquestes impressions poden ser conscients; on es coneixen els moviments passius i actius d'una part de l'organisme o inconscients; on trobem l'equilibri, la coordinació i el to. *Guyton* engloba una multiplicitat de possibilitats del sistema neuromuscular i classifica les sensacions somàtiques en 3 sentits; termoreceptors, nociceptors i mecanorreceptors (34).

El sistema sensoriomotor és aquell que integra les percepcions, sensacions i respostes motrius aferents i eferents, amb la fi de mantenir l'estabilitat articular. Els mecanorreceptors que es troben al genoll disposen d'uns receptors articulars localitzats al teixit connectiu de la càpsula articular, lligaments i meniscs on informen constantment de la sensació i posició de les articulacions i del que passa en aquella estructura en particular, per tant contribueixen a l'estabilitat articular, el control postural i el control motor. Aquests mecanorreceptors són (34):

Corpuscles de Ruffini	Detecten la posició estàtica articular, pressió intra-articular, límit articular, amplitud i velocitat de moviment.
Corpuscles de Paccini	Detecten senyals d'acceleració i desacceleració.
Fusos neuromusculars	Detecten la direcció del moviment i la posició articular.
Òrgans tendinosos de Golgi	Responen als increments i disminucions en la tensió muscular, principalment durant la contracció.

Taula 3. Tipologia i funció dels mecanorreceptors

La propiocepció aleshores està definida com les aferències dels mecanorreceptors que informen al SNC sobre la posició i moviment d'una articulació. La resposta motriu efectora generada per la informació aferent es denomina control neuromuscular (34).

Quan es produeix una lesió, el control neuromuscular es veu afectat per una sèrie de factors que entren en un cercle viciós.

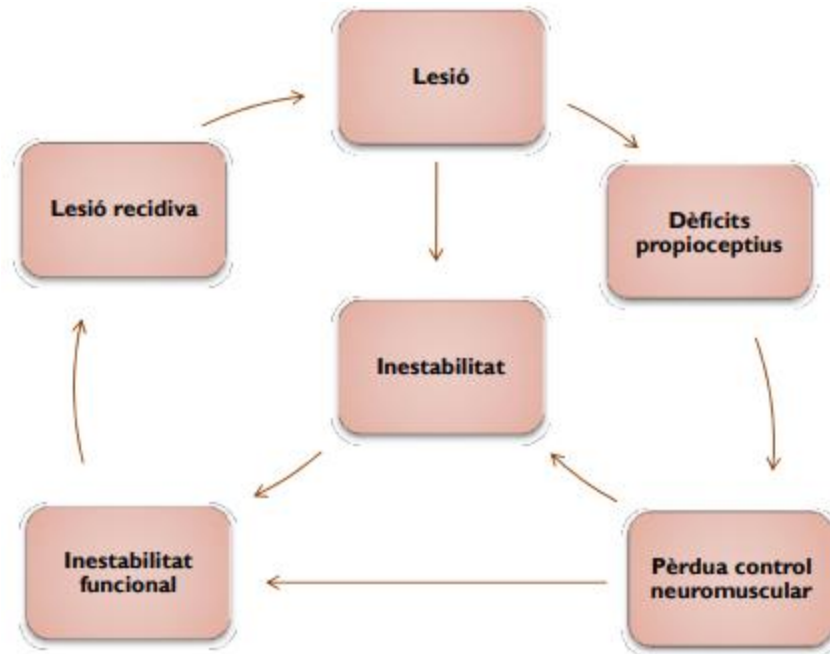


Figura 1: Efectes de la lesió en el control neuromuscular

Aquest model suggereix un començament cíclic amb la lesió d'una de les estructures de l'articulació. Quan hi ha una lesió, disminueix la senyal propioceptiva i s'inhibeix la resposta motora normal i per tant disminueix l'estabilització neuromuscular del conjunt. La pèrdua del control neuromuscular i la inestabilitat mecànica comporta una inestabilitat funcional de l'articulació i contribueix a què aparegui una recidiva de la lesió (35).

En la lesió del lligament creuat anterior, tenint en compte els factors intrínsecs que existeixen, un entrenament específic neuromuscular per a l'esport en concret pot evitar l'exposició d'aquesta lesió. Els factors importants que hem de tenir en compte per reduir el risc inclouen una posició corporal òptima, millora del temps d'activitat i força, els canvis segmentals del peu durant el moviment i el control del segment proximal. Els diferents estudis garanteixen que els programes de prevenció basats en l'entrenament neuromuscular o propioceptiu poden reduir la incidència de lesions, augmentant significativament l'estabilitat dinàmica del genoll i reduint amb èxit les lesions del LCA (8,13,15,23,25).

1.4. Justificació

Les lesions en el futbol femení han augmentat considerablement amb els anys degut a l'increment de participació femenina que hi ha actualment en aquest esport i la ruptura del lligament creuat anterior (LCA) és la lesió per referència i la que provoca més temps d'inactivitat fins el *return to play*. El sexe femení és una població d'estudi molt complexa ja que hi intervenen molts factors de risc, principalment els interns i per aquest fet l'estudi en aquesta població resulta ser complicat. Les demandes esportives característiques del futbol com són les desacceleracions, frenades, talls, recepcions de salts o canvis de direcció i sentit fan que incrementi el risc a patir aquesta lesió, ja que es posa en compromís l'articulació. El genoll és una articulació complexa i molt important marcada per la seva funció d'estabilitat bàsicament controlada pels lligaments, com és el cas del lligament creuat anterior. Per tant, serà de vital importància l'estat de les estructures en l'articulació implicada per a què aquestes puguin assegurar una bona estabilitat articular.

Com s'ha vist durant aquests últims anys, segueix havent-hi un alt percentatge de la població esportista que pateix aquesta lesió i les noies adolescents són qui més prevalença tenen. La lesió del LCA sol associar-se a una limitació posterior de l'activitat i, per tant, és un problema de salut pública important. El tractament òptim requereix una gestió individualitzada i guiada en aquest cas pels fisioterapeutes del món esportiu o readaptadors, on serà de vital importància l'establiment d'una instrucció del tipus de treball que s'ha de realitzar dintre de la labor preventiva de la lesió (36).

Són molts els estudis que a línies generals analitzen la prevenció d'aquest tipus de lesió i que mencionen en ells el sistema neuromuscular propioceptiu. En l'actualitat existeix una àmplia bibliografia relacionada amb la prevenció del LCA on s'han dissenyat diferents protocols de prevenció pels diferents esports, però en la pràctica clínica no es defineix clarament un protocol de referència. Una prescripció de l'exercici en quant a duració, freqüència i intensitat és necessari per a obtenir canvis en el rendiment del esportista (37).

Amb aquest treball es pretén revisar els programes d'entrenament neuromuscular existents en l'actualitat i utilitzats en jugadores adolescents de futbol on es fiquin en pràctica a nivell preventiu de la lesió. Determinar l'efectivitat de l'entrenament neuromuscular podria contribuir a la reducció de les incidències lesives de LCA en el futbol femení.

2. OBJECTIUS

Objectiu general:

- Analitzar l'efectivitat de l'entrenament neuromuscular propioceptiu en la prevenció de lesions de lligament creuat anterior en jugadores adolescents de futbol femení.

Objectius específics:

- Comparar l'efectivitat dels programes preventius d'intervenció neuromuscular en LCA existents en l'actualitat.
- Identificar els diferents tipus d'exercicis que formen el programa preventiu d'entrenament neuromuscular propioceptiu.
- Determinar els paràmetres de càrrega òptima de treball més efectius com són la intensitat, volum, densitat, duració i freqüència.

3. METODOLOGIA

3.1. Pregunta d'investigació

Per avaluar la efectivitat d'una intervenció és necessari plantejar-se una pregunta d'investigació. La formulació d'aquesta es va realitzar seguint la metodologia PICO (Pacient, Intervenció, Comparació, Resultats) (38), la qual va ser:

És efectiu l'entrenament neuromuscular propioceptiu per a la prevenció de lesions de lligament creuat anterior en jugadores adolescents de futbol femení?

En aquesta taula es desglossen les diferents categories incloses segons aquesta metodologia:

Pacient	Jugadores adolescents de futbol femení
Intervenció	Entrenament neuromuscular propioceptiu
Comparació	No comparació, comparació amb el grup control o amb altres intervencions
Outcomes (Resultats)	Efectivitat en la prevenció de la lesió

Taula 4. Taula PICO

3.2. Estratègia de cerca

Després de formular la pregunta es realitza una cerca bibliogràfica en les bases de dades (Medline, PEDro i Science Direct) durant els mesos de desembre de 2017 i maig de 2018. Mitjançant la recerca d'articles científics es busca concloure amb el principal objectiu de la revisió; analitzar l'efectivitat de l'entrenament neuromuscular propioceptiu en la prevenció de lesions de lligament creuat anterior en jugadores adolescents de futbol femení.

La seqüència principal de paraules o paraules clau utilitzades per dur a terme la recerca han estat els termes "neuromuscular training", "Anterior Cruciate Ligament", "injury", "prevention" combinats mitjançant el connector AND. També s'ha utilitzat el connector OR en l'estratègia de cerca per a diferents sinònims on veurem a continuació.

A més, es va realitzar un anàlisi de les referències bibliogràfiques de la literatura escollida amb la finalitat de trobar estudis addicionals d'interès.

3.3. Criteris d'inclusió i exclusió

Amb els estudis cercats apliquem els criteris d'inclusió i exclusió corresponents.

Criteris d'inclusió

- Estudis que incloguin el treball neuromuscular propioceptiu per LCA com a objecte d'estudi
- Estudis Controlats Aleatoritzats (*Clinical Trials*)
- Estudis publicats entre els anys 2012-2018
- Població d'estudi: jugadores de futbol adolescents (11-19 anys)

Criteris d'exclusió

- Estudis que no analitzin l'efectivitat de l'entrenament neuromuscular en la prevenció de la lesió
- Grups experimentals formats pel gènere masculí o mixt
- Estudis repetits en bases de dades diferents

3.4. Resultats de l'estratègia de cerca

Pubmed

Es realitza la cerca a la base de dades Pubmed utilitzant diferents estratègies en la cerca i amb els límits: estudis realitzats en humans, dates de publicació entre 1 de gener de 2012 fins la data actual i tipus d'articles "Clinical Trial" i s'obtenen els següents resultats.

Base de dades	Fórmula de cerca	Resultats
Pubmed	(neuromuscular OR proprioceptive OR proprioception) AND (training OR program OR programme) AND (prevent*) AND (injury OR injuries) AND (football OR soccer) AND (female)	14

Taula 5. Estratègia de cerca Pubmed 1

Base de dades	Fórmula de cerca	Resultats
Pubmed	Neuromuscular AND (training OR program OR programme) AND (prevent*) AND (injury OR injuries) AND (football OR soccer) AND (female)	14

Taula 6. Estratègia de cerca Pubmed 2

Base de dades	Fórmula de cerca	Resultats
Pubmed	Proprioceptive AND (training OR program OR programme) AND (prevent*) AND (injury OR injuries) AND (football OR soccer) AND (female)	0

Taula 7. Estratègia de cerca Pubmed 3

Base de dades	Fórmula de cerca	Resultats
Pubmed	Proprioception AND (training OR program OR programme) AND (prevent*) AND (injury OR injuries) AND (football OR soccer) AND (female)	1

Taula 8. Estratègia de cerca Pubmed 4

ScienceDirect

Es realitza la cerca a la base de dades ScienceDirect utilitzant l'estratègia de la fórmula de cerca amb una cerca avançada on aquestes paraules han d'aparèixer al títol, abstract o són paraules clau i s'obtenen un total de 14 resultats. Després d'aplicar els límits: dates de publicació entre 2012 fins la data actual i tipus d'articles com articles de recerca s'obtenen 5 resultats.

Base de dades	Fórmula de cerca	Resultats
ScienceDirect	(Neuromuscular OR propriocept*) AND (Anterior Cruciate Ligament) AND (prevent*) AND (injury OR injuries)	5

Taula 9. Estratègia de cerca ScienceDirect

PEDro

Es realitza la cerca a la base de dades PEDro utilitzant l'estratègia de la fórmula de cerca amb una cerca avançada i s'obtenen un total de 23 resultats. Després d'aplicar els límits: publicat des de l'any 2012 i mètode "clinical trial" s'obtenen 4 resultats.

Base de dades	Fórmula de cerca	Resultats
PEDro	"Neuromuscular" AND "Anterior Cruciate Ligament" AND "prevent*" AND "injury"	4

Taula 10. Estratègia de cerca PEDro

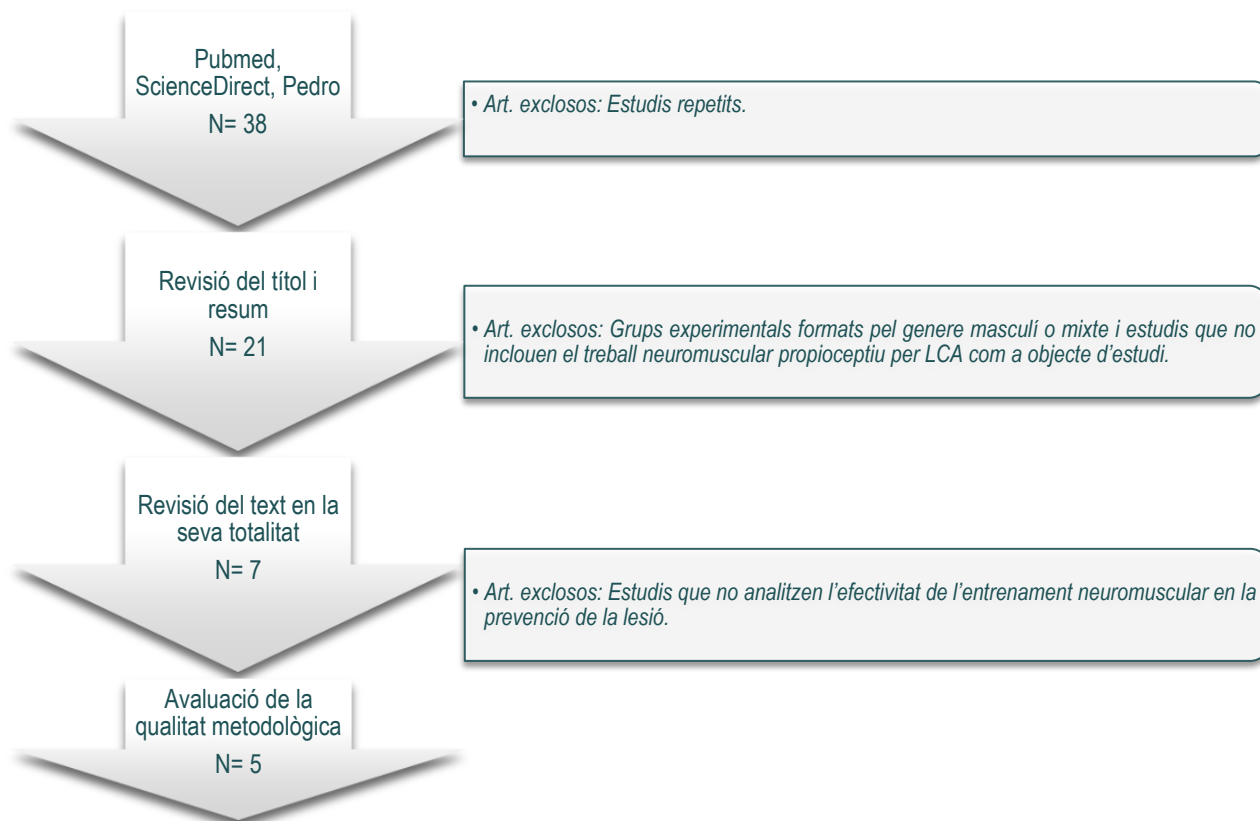


Figura 2: Diagrama de l'estratègia de cerca

3.5. Avaluació de la qualitat metodològica

La qualitat metodològica dels estudis va ser avaluada mitjançant l'eina d'avaluació Critical Review Form-Quantitative Studies (CRF-QS) (39). Aquesta eina consisteix en diferents preguntes que representen els elements claus de la qualitat metodològica dels estudis, on permet avaluar els estudis controlats aleatoritzats, entre altres. El total dels ítems és de 19, de manera que els articles amb més bona qualitat obtindran un total de 19 punts i els que no compleixin els ítems corresponents tindran una puntuació menor. L'estratègia que s'utilitza és la suma de punts per cada un dels ítems complits. Si l'article complia el criteri es va puntuar amb un 1; en cas contrari, es va puntuar amb un 0. La qualitat es va dividir en 5 categories en funció de la puntuació obtinguda per a una millor avaluació: pobre si el valor era igual o inferior a 11, acceptable si es complien entre 12 i 13 ítems, bona si es complien entre 14 i 15, molt bona entre 16 i 17 i excel·lent si el valor era igual o superior a 18 (39,40). Per facilitar les dades i fer un resum estadístic, aquests ítems es van traduir en percentatges. Es pot consultar la qualitat dels articles seleccionats a la taula 11.

També es va utilitzar l'escala CEBM que estudia el nivell d'evidència i grau de recomanació dels articles on es pot consultar a la taula 12. Es troben d'una forma més detallada en l'Annex I.

Els estudis van ser revisats per un únic examinador. La interpretació i puntuació d'aquests es va realitzar utilitzant una guia estandarditzada per cadascun d'ells.

3.6. Avaluació dels resultats

Els resultats es van definir com estadísticament significatiu(s) quan $p \leq 0'05$. Quan $p \geq 0'05$, es van considerar no significatius. Els resultats dels diferents estudis escollits es van recollir a la taula 13 on es poden veure descrits.

4. RESULTATS

4.1. Avaluació de la qualitat metodològica

Es resumeixen les puntuacions de la qualitat metodològica dels estudis derivades de la lectura crítica mitjançant els 19 criteris establerts en el CRF-QS i el nivell d'evidència i grau de recomanació mitjançant l'escala CEBM.

AUTORS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	TOTAL	%	QUALITAT	
Zebis et al., 2016	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	17/19	89,47%	MOLT BONA
Noyes et at., 2013	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	17/19	89,47%	MOLT BONA
Steffen et al., 2013	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	17/19	89,47%	MOLT BONA	
Waldén et at., 2012	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	19/19	100%	EXCEL·LENT
Lindblom et al., 2012	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	15/19	78,95%	BONA

0: criteri no complit 1: criteri complit

Taula 11. CRF-QS dels estudis inclosos

AUTORS	Nivell d'evidència	Grau de recomanació
Zebis et al., 2016	1b	A
Noyes et at., 2013	1b	A
Steffen et al., 2013	1b	A
Waldén et at., 2012	1b	A
Lindblom et al., 2012	1b	A

Taula 12. CEBM dels estudis inclosos

4.2. Anàlisi dels resultats

Els estudis inclosos en la RS van ser publicats entre l'any 2012 i 2018 (41-45). Amb l'anàlisi es preveu detallar i organitzar la informació obtinguda dels articles seleccionats per dur a terme la revisió. Tots els estudis són de control aleatori. Es destaca l'article, l'any de publicació, la població diana, el procés d'intervenció que es duu a terme, la comparació entre grups, les eines d'avaluació validades i els resultats amb els seus efectes extrets de l'estudi.

Article	Pacients		Intervenció		Comparació	Resultats		
	N	Característiques	Procediment	Freqüència / Duració		Eines avaluació	Temps avaluació	Efectes
<p>Zebis et al., 2016; Effects of evidence-based prevention training on neuromuscular and biomechanical risk factors for ACL injury in adolescent female athletes: a randomised controlled trial (41).</p> <p>Bases de dades:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pubmed • PEDro <p>CRF-QS: 17/19</p> <p>CEBM: 1b A</p>	40	Jugadores de futbol i handbol adolescents (15-16 anys).	<p>Programa d'entrenament neuromuscular. Exercicis amb plats inestables "wobble boards", espumes i pilotes. Diferents nivells de dificultat. 3 exercicis de 4-5 min cadascun.</p> <hr/> <p>Amb un moviment de tall es valora:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Diferència en la preactivació muscular (VL-ST) durant els 10ms abans del contacte del peu al terra. - Preactivació muscular de ST, VL i BF. -Màxim angle i moment de valc de genoll. -Força muscular dels isquiotibials. 	<p>3 sessions /setmana</p> <p>Duració: 12 setmanes</p> <p>T: 15 min/sessió</p>	<p>Grup control (n:20). Programa d'exercicis regular d'escalfament abans de l'entrenament o partit.</p> <p>Grup intervenció (n:20). Programa de prevenció de lesions com a escalfament abans de l'entrenament o partit.</p>	<p>-Electromiografia (EMG).</p> <p>-Anàlisis tridimensional del moviment (3D).</p> <p>-Dinamòmetre.</p>	<p>12 setmanes (gener 2011).</p> <p>Abans del programa d'entrenament neuromuscular i després de la realització d'aquest.</p>	<p>43% de diferència entre grups. ↓ preactivació de VL-ST i ↑ activació del ST (agonista LCA) durant el tall lateral.</p> <hr/> <p>No diferències en variables biomecàniques.</p> <hr/> <p>Un programa de 12 setmanes d'entrenament de prevenció de lesions altera el patró de la preactivitat muscular entre agonista/antagonista durant un tall lateral. Pot significar un mecanisme de protecció per al LCA.</p>

<p>Noyes et al., 2013; A training program to improve neuromuscular and performance indices in female high school soccer players (42).</p> <p>Base de dades:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pubmed <p>CRF-QS: 17/19 CEBM: 1b A</p>	124	<p>Jugadores de futbol de secundària (12- 18 anys).</p>	<p><i>Sportsmetrics neuromuscular training</i>: es treballa l'escalfament dinàmic, entrenament de salts, força i velocitat, exercicis d'agilitat específics per al futbol, força general, condicionament aeròbic i flexibilitat.</p>	<p>3 sessions/setmana</p> <p>Duració: 6 setmanes</p> <p>T: 90-120 min/sessió</p>	<p>-1a fase: 62 jugadores realitzen tests validats.</p> <p>S'observa si l'entrenament altera patrons neuromusculars o de rendiment.</p> <p>-2a fase: n: 62 (mateixes caract.) es sotmeten a un "multistage fitness test" (MSFT). Es valora l'augment de VO2màx.</p>	<p>- "Drop-Jump Test"</p> <p>- "T-test"</p> <p>-Countertermo- vement</p> <p>Vertical Jump Test"</p> <p>- "37m Sprint Test"</p> <p>- MSFT</p>	<p>Setmanes del programa (6 setmanes durant temporada d'estiu).</p> <p>Abans del programa d'entrenament neuromuscular i després de la realització d'aquest.</p>	<p>Milliores significatives en distància de separació absoluta entre genolls ($p<0,00001$), entre turmells ($p<0,0001$) i la separació normalitzada entre els genolls ($p<0,0001$) durant la fase d'amortiguació en el "drop-jump".</p> <hr/> <p>Milliores significatives amb el T-test → agilitat i velocitat.</p> <hr/> <p>69% dels subjectes milloren significativament ($p<0,0001$) amb el valor de VO2màx.</p>
<p>Steffen et al., 2013; High adherence to a neuromuscular injury prevention programme (FIFA 11+) improves functional balance and reduces injury</p>	226	<p>Jugadores de futbol professional adolescents (13-18 anys).</p>	<p>FIFA 11+ programa d'escalfament per prevenció de lesions en EEII.</p> <p>Consisteix en la realització de 15 exercicis individuals durant 20 min i dividits en 3 parts on es treballen</p>	<p>2-3 sessions/setmana</p> <p>Duració: 4,5 mesos</p> <p>T: 20 min</p>	<p>GC: Entrenadors disposen del lloc web programa 11+. No informació o guies addicionals.</p>	<p>-"Star Excursion Balance Test (SEBT)"</p> <p>-"Single Leg Balance Test"</p> <p>-"Triple Hop Test"</p>	<p>Seguiment durant els mesos d'abril - agost (4,5 mesos) de la temporada 2011</p>	<p>Milliores significatives del SEBT test i "triple-hop" en el GE2. Les més significatives en la direcció anterior del SEBT.</p> <hr/> <p>Mínima influència sobre el</p>

<p>risk in Canadian youth female football players: a cluster randomised trial (43).</p> <p>Base de dades</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pubmed <p>CRF-QS: 17/19 CEBM: 1b A</p>			<p>exercicis de carrera a l'inici i al final, tècniques de tall, salt i caiguda, força, pliometria, agilitat i equilibri al camp.</p> <p>S'estudia: Exposició al joc, adherència 11+ i lesions.</p>		<p>GE1 (regular): taller d'entrenament de pretemporada del programa 11+, amb estudi personalitzat i materials addicionals.</p> <p>GE2 (complet): igual que 1 + fisioterapeuta.</p>	<p>-“Jumping-over-a-bar Test”</p> <p>-Primer test 19/04/2011</p> <p>-Últim test 10/09/2011</p>	<p>mètode d'ensenyament del programa als jugadors.</p>	
<p>Waldén et al., 2012; Prevention of acute knee injuries in adolescent female football players: cluster randomised controlled trial (44).</p> <p>Base de dades</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pubmed • PEDro • <p>CRF-QS: 19/19 CEBM: 1b A</p>	4564	<p>Jugadores de futbol adolescents (12-17 anys).</p>	<p>Programa d'escalfament neuromuscular (Knäkontroll) basat en diferents exercicis d'estabilitat del CORE, equilibri, tècnica de caiguda i alineació adequada del genoll. 4 nivells de dificultat.</p>	<p>2 sessions/setmana</p> <p>Duració: 7 mesos</p> <p>T: 15 min/sessió</p>	<p>GC (n: 2085). Entrenament habitual s/n canvis.</p> <p>GE (n: 2479). Programa d'entrenament neuromuscular (Knäkontroll).</p>	<p>-Taxa de lesió de LCA</p> <p>-Taxa de lesions greus (>4 setmanes d'absència)</p> <p>-Lesions agudes de genoll.</p>	<p>Seguiment durant els mesos abril – octubre de la temporada 2009/2010, en període de competició.</p>	<p>7 jugadores del GE (0,28%) i 14 (0,67%) al GC van patir una lesió de LCA.</p> <hr/> <p>Reducció del 64% de la lesió de LCA en el GE (taxa de 0,36, 95% IC: 0,15 a 0,85).</p> <hr/> <p>La diferència de taxa de reducció absoluta va ser -0.07 (IC: 95%: -0,13 a</p>

								0,001) per 1000 h de joc a favor del GE.
Lindblom et al., 2012; No effect on performance tests from a neuromuscular warm-up programme in youth female football: a randomised controlled trial (45). Base de dades • Pubmed CRF-QS: 15/19 CEBM: 1b A	41	Jugadores de futbol adolescents (12-16 anys)	Programa d'escalfament neuromuscular (Knäkontroll) basat en 6 exercicis d'estabilitat del CORE, equilibri, tècnica de caiguda i alineació adequada del genoll. 4 nivells de dificultat.	2 sessions/setmana Duració: 11 setmanes T: 15min/sessió	GC (n: 18). Entrenament habitual s/n canvis. GE (n: 23). Programa d'entrenament neuromuscular (Knäkontroll).	-“Star Excursion Balance Test” -“Countermovement Vertical Jump Test” -“Tripe Hop Test” -“Illinois Agility Test” -“10m and 20m Sprint Test”	Seguiment durant els mesos març - juny de 2010, en període de competició.	No hi ha efectes significatius en cap dels testos de rendiment. Canvis minoritàriament positius en el SEBT (p<0,05) i “Illinois agility test” (p<0,05). No s'observa millora significativa del GE.

Taula 13. Extracció de dades dels estudis inclosos

Tenint en compte els objectius específics que marquen aquest treball, es realitza un anàlisi profund dels paràmetres que es volen estudiar amb la finalitat d'obtenir, si és possible, els òptims resultats. Les característiques del programa d'entrenament neuromuscular a exposar són: el tipus i programa d'intervenció, amb un anàlisi dels exercicis que es duen a terme i la càrrega de treball. També s'analitza amb més profunditat en quina tipologia d'exercicis consisteix el treball neuromuscular.

Article	Programa d'intervenció	Tipus d'intervenció	Intensitat	Volum	Densitat	Freqüència (sessions/setmana)	Duració
Zebis, 2015 (41)	NMT (Oslo Sports Trauma Research Centre and Norwegian Handball Federation)	Escalfament durant la temporada	-	15 min/sessió	-	3	12 setmanes
Noyes, 2013 (42)	Sportsmetrics	Entrenament després de la temporada	-	90-120 min/sessió	-	3	6 setmanes
Steffen, 2013 (43)	FIFA 11+	Escalfament durant la temporada	-	20 min/sessió	-	2-3	19,5 setmanes
Waldén, 2012 (44)	Knäkontroll	Escalfament durant la temporada	-	15 min/sessió	-	2	30 setmanes
Lindblom, 2012 (45)	Knäkontroll	Escalfament durant la temporada	-	15 min/sessió	-	2	11 setmanes

Taula 14. Característiques del programa d'entrenament neuromuscular

Article	Programa d'intervenció	Exercicis
Zebis, 2015 (41)	NMT	Exercicis per tenir consciència del cos i control motor a malucs, genolls i turmells estant de peu, corrent, saltant, caient o fent un tall lateral.
Noyes, 2013 (42)	Sportsmetrics	<p>Escalfament dinàmic: caminar normal, punta-taló, <i>leg cradle walking</i>, <i>dog and bush walking</i>, <i>skipping</i>, activació de glutis, passa llarga i <i>sprint</i>.</p> <p>Entrenament de salts: <i>wall jump</i>, <i>tuck jump</i>, <i>squat jump</i>, <i>barrier jumps</i>, <i>side-to-side</i>; <i>foward-backward</i>, <i>180° jump</i>, <i>broad jump</i>, <i>single-leg hop</i>, <i>scissors jump</i>, ...</p> <p>Entrenament de força EEII: treball de peses, isoinercials, entrenament funcional.</p> <p>Flexibilitat, velocitat, agilitat, CORE, treball aeròbic → competició.</p>
Steffen, 2013 (43)	FIFA 11+	<p>15 exercicis amb carrera a l'inici i al final del programa.</p> <p>Enfocats a les maniobres de tall, salt i caiguda.</p> <p>Carrera contínua de baixa intensitat (5min).</p>
Waldén, 2012 (44)	Knäkontroll	<p>(1) Squat amb una cama, (2) <i>pelvic lift</i>, (3) Squat amb dues cames, (4) <i>the bench</i>, (5) <i>the lunge</i>, (6) salt/caiguda</p> <p>Escalfament futbol dinàmic (10min): córrer i <i>skipping</i>.</p>
Lindblom, 2012 (45)	Knäkontroll	<p>(1) Squat amb una cama, (2) <i>pelvic lift</i>, (3) Squat amb dues cames, (4) <i>the bench</i>, (5) <i>the lunge</i>, (6) salt/caiguda</p>

Taula 15. Descripció del programa d'entrenament neuromuscular

4.3. Eines d'avaluació dels resultats

En els programes neuromusculars propioceptius s'utilitzen una serie de tests funcionals utilitzats com a eina d'avaluació dels resultats per observar la variabilitat dels índexs de rendiment de les futbolistes després de l'aplicació d'aquests. En la següent taula es resumeixen els tests de rendiment que han estat utilitzats en la RS i es detalla el què valoren.

Test funcional	Descripció
Drop Jump Test (42)	El test analitza de manera objectiva l'alineació del valg del membre inferior. Els subjectes salten des d'una caixa de 30.48 cm d'alçada, cauen i immediatament després realitzen un salt vertical màxim. Solament s'indica que han de caure directament davant la caixa, no s'informa de la manera de com caure o saltar. Es repeteix la seqüència 3 cops i mitjançant la captura d'imatges en el moment abans de caure, caient i saltant s'analitza la distància de separació entre malucs, genolls i turmells i es normalitza la distància entre genolls i turmells segons la distància de separació de malucs basat amb un programa validat per l'estudi.
“Countermovement Vertical Jump Test (42,45)	El test avalua l'altura màxima en un salt vertical. Amb les mans sobre els malucs i amb els dos peus es realitzen dos salts de prova abans de realitzar els tres salts definitius que definiran la marca significativa realitzant prèviament al salt un <i>squat</i> . S'utilitza el “Vertec Jump Training System” o un sistema d'infrarrojos per la marca del salt on es puntualitza el temps de vol durant el salt.
T-Test (42)	En aquest test es medeix l'agilitat i la velocitat. Amb un circuit en forma de T, els subjectes esprinten des del punt més llunyà del circuit fins un con central situat a 9.14m, després giren cap a l'esquerra sense creuar els peus en

direcció a un altre con que està a 4.57m i consecutivament en direcció al con situat a la dreta a 9.14m. Llavors es torna al con central de la T fins al con inicial de sortida. Es completen dos assajos amb el millor temps registrat amb un cronòmetre digital.

10m, 20m, 37m Sprint Test (42, 45) Aquests tests avaluen la velocitat d'esprint en diferents distàncies. A una distància en concret marcada per dos cons, es demana al subjecte que esprintin el més ràpid possible fins travessar la línia de meta. Es realitza un cop i s'obté la marca mitjançant un cronòmetre.

Multistage Fitness Test (MSFT) (42) Amb el MSFT s'avalua la VO_2 màx. L'individu ha de córrer en línia recta (20 metres) des d'un extrem fins a l'altre de manera que ha d'arribar a l'extrem oposat abans de què soni el so que es reproduïx. El temps entre els sons decreix cada minut obligant als individus a augmentar la velocitat de carrera. Aquest augment reflecteix l'augment de la dificultat i de la intensitat. El protocol més utilitzat té una velocitat inicial de 8,5 km/h i augmenta la velocitat en 0,5 km/h cada minut.

Star Excursion Balance Test (SEBT) (43,45) El test avalua l'equilibri general de l'individu amb les direccions: anterior, posteromedial i posterolateral. El subjecte es posiciona al mig de l'estrella dibuixada al terra i amb una cama es va a tocar lleugerament el terra el més lluny possible amb les tres direccions i es torna a la posició inicial. Es realitza una marca al terra i es mesura la distància. Si el subjecte no és capaç d'aguantar l'equilibri durant la realització del test, es torna a repetir.

Single Leg Balance Test (43) Aquest test també analitza l'equilibri general de l'individu. Amb els braços relaxats es demana que aixequi una cama i una vegada estable es tanquen els ulls. Caldrà avaluar quant de temps aguanta en equilibri. Qualsevol reposicionament del peu es considera una pèrdua de l'equilibri. Es grava i es repeteix amb l'altre costat.

Triple Hop Test
(43,45)

Originàriament avaluava les diferents asimetries en l'extremitat inferior, en aquest cas avalua la longitud del salt horitzontal. Les jugadores alternen el salt a la dreta o a l'esquerra i es comença sempre amb la cama dominant. Durant el primer salt es salta i es cau amb la mateixa cama, el segon salt es salta amb una i es cau amb l'altra i el tercer es realitza amb les dues cames. Si el subjecte no és capaç d'aguantar l'equilibri durant la realització del test, es torna a repetir. Es mesura la distància des de la línia de sortida i la marca en l'última caiguda. Es realitzen dos salts de prova abans de realitzar els tres salts definitius que definiran la marca.

Jumping-over-a-bar
Test (43)

Aquest test consisteix en avaluar la màxima velocitat de salt saltant per sobre d'una barra al terra contant el nombre de salts que es realitzen en 15 seg. Es demana al subjecte que realitzi repetidament salts laterals amb dues cames el més ràpid possible i correctament realitzats. S'exclouen els salts que toquen la barra.

Illinois agility Test
(45)

Mitjançant un circuit d'agilitat s'analitza el temps que es corre per a avaluar la qualitat física de la jugadora. El test analitza per tant l'agilitat com la velocitat. El jugador amb un peu davant de l'altre a la línia de sortida realitza un esprint de 10m a l'inici i al final del test. El circuit principal consisteix amb un ziga-zaga de 20m. Es realitza un cop i s'obté la marca mitjançant un cronòmetre.

Taula 16. Eines d'avaluació dels resultats

5. DISCUSSIÓ

L'objectiu d'aquesta RS era analitzar l'efectivitat de l'entrenament neuromuscular propioceptiu en la prevenció de lesions de lligament creuat anterior en jugadores adolescents de futbol femení. Els cinc estudis inclosos, amb una qualitat metodològica bona, molt bona i excel·lent, van presentar resultats en la utilització d'aquest programa d'entrenament per la prevenció de la lesió en la població de noies adolescents (11-19 anys) jugadores de futbol. Els estudis inclosos eren majoritàriament dispars ja que no solament estudiaven el programa d'entrenament neuromuscular com a efecte preventiu, sinó que també han analitzat altres aspectes que poden influenciar en la lesió, d'aquesta manera la heterogeneïtat dels estudis ha dificultat la comparació entre si.

Quatre dels cinc estudis confirmen l'efectivitat de l'entrenament neuromuscular en la prevenció de lesions de LCA en jugadores adolescents de futbol femení (41-44) i utilitzen diferents programes prèviament dissenyats per diferents organismes en la prevenció d'aquest tipus de lesions. En els estudis d'aquesta RS es valoren els diferents programes d'entrenament neuromuscular i tanmateix la càrrega òptima de treball que s'aplica per obtenir uns resultats significatius.

L'estudi d'Steffen et al. (43) és el que més es diferencia de la resta d'articles ja que té com a objecte principal d'estudi la influència en la forma en què els entrenadors apliquen el programa FIFA 11+ amb la millora del rendiment dels jugadors. També analitza l'efecte de l'adherència al programa i el risc de patir lesions observant els canvis en el rendiment, però no es centra implícitament amb el LCA. Tot i això, mostra resultats significatius de la mateixa manera que l'estudi de Noyes et al. (42) en quant als canvis en els patrons de rendiment. Això es podria explicar degut a què els tests que s'utilitzen per valorar els índexs de rendiment siguin els adequats per avaluar els factors biomecànics i neuromusculars del lligament creuat anterior, com és el cas del *SEBT*, *Triple Hop*, *Drop-Jump*, *T-Test* i *MSFT*. Waldén et al. (44) en canvi, utilitza la taxa de lesions produïdes com a eina d'avaluació i també obté resultats positius. A diferència d'aquests estudis, Zebis et al. (41), analitza la preactivació muscular com a objecte principal d'estudi mitjançant l'electromiografia però obté resultats negatius en les variables biomecàniques estudiades mitjançant l'anàlisi tridimensional del moviment (3D) o dinamòmetre, fet que podria explicar el fracàs en els resultats i que com hem vist, cal tenir en compte que els tests s'adaptin correctament a les variables d'estudi. Tanmateix, que no s'hagin obtingut resultats positius en l'estudi de Lindblom et al. (45) podria ser degut a què existeixen certes limitacions i biaixos en l'estudi com són la baixa assistència dels jugadors durant el programa, que la *n* de l'estudi sigui

inferior a la calculada (41:42), la major exposició d'entrenaments i partits del grup control en comparació amb el grup experimental, on els resultats dels tests demostren canvis en el GC o també una baixa especificitat entre els exercicis del programa d'escalfament i les proves de rendiment avaluades com quan durant l'estudi utilitza el test d'agilitat que implica canvis de direcció ràpids i no hi ha cap exercici similar al seu programa. En resum, hi ha 3 tipologies d'estudi diferents; mitjançant tests de rendiment, índex de lesions produïdes i electromiografia en l'activitat muscular que analitzen factors que esdevenen de risc i són predisponents en la lesió de LCA com són l'alineació del genoll, el valg fisiològic o la preactivació muscular i que obtenen resultats significatius en l'efectivitat del programa preventiu. La prevenció d'una lesió pot ser tant complexa que es poden tenir molts factors en compte, és així que un estudi complet que cubris la majoria d'aquests, podria evidenciar la quantitat que interfereixen en una lesió de LCA.

Els programes neuromusculars propioceptius que s'utilitzen per treballar en la prevenció de la lesió de LCA en jugadores adolescents de futbol són el NMT, Sportsmetrics, FIFA 11+ i Knäkontroll. L'únic estudi que no presentava evidència era el de Lindblom et al. (45) i utilitzava el programa Knäkontroll, però no justificaria els mals resultats ja que l'estudi de Waldén et al. (44) també utilitza el mateix programa i obté resultats positius. La tipologia dels programes és similar ja que estan enfocats a treballar maniobres específiques i components essencials del futbol com són el tall, salt o caiguda (pliomètria), esprint (velocitat), força, equilibri o control motor, flexibilitat o agilitat. Amb les jugadores de futbol, un correcte equilibri funcional i control del propi cos es imprescindible per actuacions tàctiques o tècniques com posicionar-se d'una manera eficient en relació amb l'oponent o pel control i passada de la pilota abans de ser desafiada per la jugadora rival (47). De fet, una revisió sistemàtica de Herman et al. (48) de l'any 2012 on estudiava l'efectivitat dels programes neuromusculars en la prevenció de les lesions d'extremitat inferior durant la participació en esports, concluïa que els programes han de comptar amb estiraments, exercicis d'equilibri i potenciació, agilitat específica de l'esport i tècniques de caiguda. Els programes més complets sembla ser que són l'Sportsmetrics i el FIFA 11+, tot i que en l'estudi de Zebis et al. (41) no es detalla clarament el programa NMT. Aquests programes compten amb la majoria de les qualitats necessàries per a un futbolista i utilitzen més de 6 exercicis a diferència del programa Knäkontroll. L'última revisió sistemàtica publicada l'any 2014 per Noyes et al. (49) on parlava de l'efectivitat dels programes neuromusculars en reduir les lesions sense contacte de LCA en noies adolescents esportistes, van afirmar que un dels programes amb millors resultats era l'Sportsmetrics i que l'esport amb més incidència lesiva era el futbol. També els programes "KIPP" i "PEP" en estudis d'anys anteriors donaven resultats positius en la prevenció de lesions sense contacte de l'extremitat inferior i també de LCA (48,49). En l'actualitat no s'ha realitzat encara cap estudi amb aquests programes neuromusculars.

Relacionat amb el tipus de programa escollit també afectarà en els resultats l'eina d'avaluació: més específica com els tests funcionals de rendiment en els estudis de Noyes et al. (42), Steffen et al. (43) i Lindblom et al. (45) i més general com Waldén et al. (44) que utilitza la taxa de lesions produïdes de LCA i Zebis et al. (41) que utilitza tant l'anàlisi tridimensional del moviment (3D) com el dinamòmetre i més específicament, l'electromiografia per la preactivació muscular. Per tant, la manera en què s'avaluen els resultats també podria ser una de les causes de què un programa neuromuscular no tingui resultats efectius com el de Lindblom et al. (45). És important definir el programa i que la seva eina d'avaluació corresponent s'identifiqui amb el treball realitzat.

Si analitzem la càrrega de treball, la freqüència de les sessions varien entre 2-3 sessions/setmana en tots els programes d'entrenament, d'altra banda, en la relació entre volum i durada dels estudis el volum de l'entrenament de Zebis et al. (41) i de Lindblom et al. (45) és de 15 min durant 11-12 setmanes i no hi ha resultats significatius en quant a les variables biomecàniques però si en el patró d'activació muscular com és el cas de l'estudi de Zebis et al. (41). En canvi, Waldén et al. (44) també realitza un programa d'entrenament de 15 min amb una durada total de 30 setmanes amb resultats significatius en la reducció de lesions de LCA. El fet de què s'hagin realitzat gairebé el triple de sessions amb un programa de 30 setmanes podria ser una de les causes de l'efectivitat de l'entrenament en l'estudi o en canvi, que no hi hagin hagut resultats efectius en les variables biomecàniques de l'estudi de Zebis et al. (41) podria explicar-se degut a què l'objecte principal d'estudi era la preactivació muscular i no es tenen tant en compte aquestes variables. Degut també al nombre de limitacions i biaixos que presenta l'estudi de Lindblom et al. (45) caldria un estudi que confirmés en claredat si en aquest mínim de setmanes s'obtenen resultats significatius.

Conseqüentment, els resultats d'aquests estudis ens indiquen que els programes d'entrenament neuromuscular que tinguin un volum de mínim 15 min s'haurien de combinar amb una duració d'unes 30 setmanes per tenir efectes tot i que caldria observar si entre el període de 12-30 setmanes també poden haver millores significatives en què puguin confirmar els resultats, ja que a partir de les 12 setmanes ja s'evidencien petites millores. Durant aquest període de temps (19-20 setmanes) amb un volum de 20 min/sessió també es presenten resultats significatius en l'estudi de Steffen et al. (43) al mateix temps que amb un mínim de 6 setmanes quan el volum sigui d'uns 90-120 min/sessió com en el cas de Noyes et al. (42). Per tant, a més volum de les sessions menys temps necessitarem per obtenir resultats rellevants, de la mateixa manera que en menys volum la duració total de l'entrenament tindrà que ser més gran. Un estudi prospectiu de Hewett et al. (46) l'any 1999 demostrava que l'entrenament neuromuscular s'havia de dur a terme entre 15-20 min/sessió en entrenaments de la temporada esportiva, o bé realitzar un programa complet

d'entrenament entre 60-120 min/sessió abans de començar la temporada, és a dir, durant el període de pretemporada per a què el programa aplicat resultés efectiu. De fet, en aquesta RS únicament un article utilitza el programa neuromuscular com a sessió d'entrenament amb un volum de 90-120 min, en canvi tots els altres l'utilitzen com a part de l'entrenament com a escalfament.

Si fem en comú els estudis que han obtingut resultats significatius en la prevenció de la lesió, les hores de treball són molt semblants tot i que la durada i volum són diferents. Noyes et al. (42) obté un total de 27h de treball, tenint una durada de 90 min l'entrenament durant 6 setmanes i amb una freqüència de 3 sessions/setmana. Steffen et al. (43) amb una durada de 19,5 setmanes amb una freqüència mitja de 2,5 sessions i durant 20min/sessió obté un total de 16,25h, de la mateixa manera que Waldén et al. (44) amb una durada de 30 setmanes amb 2 sessions/setmana i un volum de 15min/sessió obté un total de 15h. Finalment, Zebis et al. (41) amb una freqüència de 3 sessions/setmana durant 12 setmanes i amb 15 min/sessió obté un total de 9h de treball amb mínims resultats. Els programes amb millors resultats duts a terme com a escalfament tenen una durada molt similar, en canvi, el programa dut a terme com un entrenament complet obté un total de 10,4 hores de més a diferència dels altres. Els paràmetres d'intensitat i densitat no es defineixen en cap dels estudis ja que són variables molt subjectives segons el tipus de treball a realitzar i cada estudi compta amb un tipus d'entrenament diferent, on en alguns casos és supervisat per fisioterapeutes i s'hi valora el nivell de dificultat dels exercicis durant la progressió del programa i s'assisteix als entrenadors. La revisió sistemàtica de Noyes et al. (49) també va intentar agrupar les diferents dades dels programes d'intervenció però degut a les diferències metodològiques dels estudis no va obtenir cap conclusió significativa, en canvi, Herman et al. (48) definia que el programa neuromuscular s'havia de reproduir com a mínim durant 3 mesos consecutius en totes les sessions d'entrenament per així reduir significativament l'índex de lesions en l'extremitat inferior. Les línies de futur ens haurien d'evidenciar les marques de temps amb més precisió per obtenir un programa neuromuscular més acurat en la prevenció de lesions de LCA.

Tot i que els estudis publicats demostren variabilitat en quant als resultats, l'efectivitat del treball neuromuscular en la prevenció del risc de lesió del LCA resulta ser positiva amb les diferents variables estudiades en aquesta RS.

6. LIMITACIONS I BIAIXOS

Durant la realització d'aquesta revisió sistemàtica s'han detectat certs errors sistemàtics que poden afectar a la validesa i fiabilitat dels resultats obtinguts. A continuació, apareixen especificades i justificades les limitacions d'aquest treball amb els seus biaixos:

Limitacions	Justificació
Biaix d'exclusió	S'han descartat estudis per aquest treball degut als criteris d'inclusió i exclusió descrits per l'investigador.
Biaix de bibliografia actual	Les cerques bibliogràfiques han sigut escasses i tan sols s'ha pogut fer l'anàlisi complet de 5 articles perquè falta bibliografia actual que estudiï aquest tipus d'intervenció en la població seleccionada.
Biaix en l'anàlisi crític dels estudis	La valoració metodològica dels estudis escollits s'ha realitzat únicament per un sol autor.
Variabilitat en la mesura dels resultats	Els estudis utilitzen diferents eines d'avaluació dels resultats i la comparació entre ells ha resultat més complicada.

Taula 17. Limitacions i biaixos

7. CONCLUSIÓ

Tot i que es coneixen les repercussions funcionals i físiques derivades de l'entrenament neuromuscular propioceptiu, són pocs els estudis existents en l'actualitat que investiguin els efectes de la intervenció per lesions de lligament creuat anterior en jugadores de futbol adolescents. Els estudis en aquesta RS mostren resultats significatius en la modificació d'alguns índexs de rendiment que avaluen diferents factors de risc interns modificables com són els biomecànics i neuromusculars. És així que degut a l'alta exposició de factors de risc no modificables com en aquest cas poden ser els hormonals i la edat de les noies adolescents, serà de vital importància el treball que es realitzi pels factors que siguin modificables mitjançant l'entrenament neuromuscular propioceptiu, no obstant, s'haurien de tenir en compte la majoria d'aquestes variables per tenir un programa neuromuscular complet i efectiu. Els resultats més rellevants dels estudis indiquen un treball d'alineació i separació entre genolls, equilibri, agilitat, preactivitat muscular i d'adherència al programa per obtenir dades estadísticament significatives en quant als canvis que es produeixen a nivell del rendiment del jugador en la prevenció de la lesió de LCA.

Per altra banda, la variabilitat de les intervencions dutes a terme en els estudis inclosos en aquesta RS, dificulta la possibilitat de definir un model d'entrenament neuromuscular en concret. Tot i això, tenint en compte els resultats analitzats, podem definir que:

- L'entrenament neuromuscular es duu a terme principalment com a part inicial (escalfament) durant els entrenaments o partits d'una temporada en competició.
- S'utilitzen programes neuromusculars existents (Sportsmetrics, NMT, FIFA 11+ i Knäkontroll) especialment dedicats en la prevenció de la lesió de lligament creuat anterior.
- Es realitzen exercicis que treballen maniobres específiques i components essencials del futbol.
- La freqüència de les sessions varia entre 2-3 a la setmana.
- El volum de la sessió es troba entre 15-20 min.
- La durada ideal del programa és una variable a estudiar degut a la diferència en els estudis inclosos en aquesta RS.

Finalment, l'avaluació de la qualitat metodològica d'aquests estudis ha detectat algunes limitacions i biaixos que han dificultat la troballa d'uns resultats clars i fiables. Per tant, és necessària la contínua investigació amb disseny d'assajos clínics aleatoritzats amb un desenvolupament de mètodes més fiables i objectius que s'ajustin a les característiques del propi programa de prevenció, d'aquesta manera ens permetran una major investigació de qualitat en l'àmbit preventiu en relació amb l'efectivitat dels entrenaments neuromusculars propioceptius. D'aquesta manera, aquesta RS proposa considerar alguns aspectes com:

- ECAs amb descripció detallada de la intervenció on les observacions clíniques i les dades actuals han d'estar reforçades per estudis experimentals aleatoritzats.
- Utilitzar en tots els estudis un grup control per realitzar una bona comparativa.
- Augmentar la mida de la mostra a estudiar sent representativa per tenir uns resultats vàlids, òptims i extrapolables a la població estudiada amb un major nivell de confiança.
- Valorar els paràmetres de l'estudi amb les escales validades adequades al treball que es realitza.
- Crear noves revisions amb estudis que analitzin uns paràmetres en concret similars i d'aquesta manera s'utilitzaran les mateixes eines d'avaluació dels resultats i serà més fàcil la comparació entre ells.
- Evitar en la mesura de lo possible les co-intervencions i contaminacions (anàlisi durant la temporada de competició, entrenaments i partits) que puguin influenciar en l'alteració dels resultats.

8. BIBLIOGRAFIA

1. UEFA. Women's football across the national associations 2017 [Internet]. Union of European Football Associations. 2017 [cited 2018 Jan 11]. Available from: http://www.uefa.com/MultimediaFiles/Download/OfficialDocument/uefaorg/Women'sfootball/02/51/60/57/2516057_DOWNLOAD.pdf
2. Nicholl JP, Coleman P, Williams BT. The epidemiology of sports and exercise related injury in the United Kingdom. *Br J Sports Med*. 1995 Dec;29(4):232–8.
3. Moreno Pascual C, Rodríguez Pérez V, Seco Calvo J. Epidemiología de las lesiones deportivas. *Fisioterapia*. 2008 Feb;30(1):40–8.
4. Gornitzky AL, Lott A, Yellin JL, Fabricant PD, Lawrence JT, Ganley TJ. Sport-Specific Yearly Risk and Incidence of Anterior Cruciate Ligament Tears in High School Athletes: A Systematic Review and Meta-analysis. *Am J Sports Med*. 2016 Oct;44(10):2716–23.
5. Joseph AM, Collins CL, Henke NM, Yard EE, Fields SK, Comstock RD. A multisport epidemiologic comparison of anterior cruciate ligament injuries in high school athletics. *J Athl Train*. 2013;48(6):810–7.
6. Waldén M, Hägglund M, Werner J, Ekstrand J. The epidemiology of anterior cruciate ligament injury in football (soccer): a review of the literature from a gender-related perspective. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2011 Jan;19(1):3–10.
7. Waldén M, Hägglund M, Magnusson H, Ekstrand J. Anterior cruciate ligament injury in elite football: a prospective three-cohort study. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc*. 2011 Jan 9;19(1):11–9.
8. Sutton KM, Bullock JM. Anterior cruciate ligament rupture: differences between males and females. *J Am Acad Orthop Surg*. 2013 Jan;21(1):41–50.
9. Giza E, Mithöfer K, Farrell L, Zarins B, Gill T. Injuries in women's professional soccer. *Br J Sports Med*. 2005 Apr;39(4):212-6-6.
10. Beynon BD, Vacek PM, Newell MK, Tourville TW, Smith HC, Shultz SJ, et al. The Effects of Level of Competition, Sport, and Sex on the Incidence of First-Time Noncontact Anterior Cruciate Ligament Injury. *Am J Sports Med*. 2014 Aug;42(8):1806–12.
11. Arendt E, Dick R. Knee injury patterns among men and women in collegiate basketball and soccer. NCAA data and review of literature. *Am J Sports Med*. 1995;23(6):694–701.
12. Arendt EA. Anterior cruciate ligament injuries. *Curr Womens Health Rep*. 2001 Dec;1(3):211–7.

13. Voskanian N. ACL Injury prevention in female athletes: review of the literature and practical considerations in implementing an ACL prevention program. *Curr Rev Musculoskelet Med*. 2013 Jun;6(2):158–63.
14. Hewett TE, Shultz SJ, Griffin LY. Understanding and Preventing Noncontact ACL injuries. *American Orthopaedic Society for Sports Medicine*; 2007. 163-171 p.
15. Hewett TE. Neuromuscular and hormonal factors associated with knee injuries in female athletes. Strategies for intervention. *Sports Med*. 2000 May;29(5):313–27.
16. Sanders TL, Maradit Kremers H, Bryan AJ, Larson DR, Dahm DL, Levy BA, et al. Incidence of Anterior Cruciate Ligament Tears and Reconstruction: A 21-Year Population-Based Study. *Am J Sports Med*. 2016 Jun;44(6):1502–7.
17. Yanguas Leyes J, Til Pérez L, Cortés de Olano C. Lesión del ligamento cruzado anterior en fútbol femenino. Estudio epidemiológico de tres temporadas. *Apunt Med l'Esport*. 2011 Jul;46(171):137–43.
18. Alentorn-Geli E, Myer GD, Silvers HJ, Samitier G, Romero D, Lázaro-Haro C, et al. Prevention of non-contact anterior cruciate ligament injuries in soccer players. Part 1: Mechanisms of injury and underlying risk factors. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2009 Jul;17(7):705–29.
19. Hewett TE, Zazulak BT, Myer GD. Effects of the menstrual cycle on anterior cruciate ligament injury risk: a systematic review. *Am J Sports Med*. 2007 Apr;35(4):659–68.
20. Herzberg SD, Motu'apuaka ML, Lambert W, Fu R, Brady J, Guise J-M. The Effect of Menstrual Cycle and Contraceptives on ACL Injuries and Laxity: A Systematic Review and Meta-analysis. *Orthop J Sport Med*. 2017 Jul 21;5(7):232596711771878.
21. Gould S, Hooper J, Strauss E. Anterior Cruciate Ligament Injuries in Females: Risk Factors, Prevention, and Outcome. *Bull Hosp Jt Dis*. 2016 Mar;74(1):46–51.
22. Barber-Westin SD, Noyes FR, Smith ST, Campbell TM. Reducing the risk of noncontact anterior cruciate ligament injuries in the female athlete. *Phys Sportsmed*. 2009 Oct;37(3):49–61.
23. Biedert RM, Bachmann M. [Women's soccer. Injuries, risks, and prevention]. *Orthopade*. 2005 May;34(5):448–53.
24. Ostenberg A, Roos H. Injury risk factors in female European football. A prospective study of 123 players during one season. *Scand J Med Sci Sports*. 2000 Oct;10(5):279–85.
25. Henry JC, Kaeding C. Neuromuscular differences between male and female athletes. *Curr Womens Health Rep*. 2001 Dec;1(3):241–4.

26. Lephart SM, Abt JP, Ferris CM. Neuromuscular contributions to anterior cruciate ligament injuries in females. *Curr Opin Rheumatol*. 2002 Mar;14(2):168–73.
27. Clausen MB, Zebis MK, Møller M, Krstrup P, Hölmich P, Wedderkopp N, et al. High injury incidence in adolescent female soccer. *Am J Sports Med*. 2014 Oct;42(10):2487–94.
28. De Ste Croix MBA, Priestley AM, Lloyd RS, Oliver JL. ACL injury risk in elite female youth soccer: Changes in neuromuscular control of the knee following soccer-specific fatigue. *Scand J Med Sci Sports*. 2015 Oct;25(5):e531-8.
29. Brophy R, Silvers HJ, Gonzales T, Mandelbaum BR. Gender influences: the role of leg dominance in ACL injury among soccer players. *Br J Sports Med*. 2010 Aug 1;44(10):694–7.
30. Schünke M., Schulte E., Schumacher U., & Wesker K., Voll M. Miembro inferior. Huesos ligamentos y articulaciones. Prometheus: Texto y Atlas de Anatomía. Anatomía general y aparato locomotor. Tomo 1. 3ª ed. Madrid: Editorial Médica Panamericana; 2010. p. 440–453.
31. Kapandji A. I. La rodilla. Fisiología articular. Tomo 2. 6ª ed. Madrid: Editorial Médica Panamericana; 2010. p. 66-155.
32. Domnick C, Raschke MJ, Herbolt M. Biomechanics of the anterior cruciate ligament: Physiology, rupture and reconstruction techniques. *World J Orthop*. 2016;7(2):82.
33. Alfonso VS, Sancho FG. Anatomía descriptiva y funcional del ligamento cruzado anterior. Implicaciones clínico-quirúrgicas. *Rev Esp Cir Osteoart*. 1992; 27: 33–42.
34. López Soto JC, Arango Velez E. Propiocepción: Bases teórico-prácticas. Medellín-Colombia: Editorial Académica Española; 2011. 7-20 p.
35. Swanik CB, Lephart SM, Giannantonio FP, Fu FH. Reestablishing Proprioception and Neuromuscular Control in the ACL-Injured Athlete. *J Sport Rehabil*. 1997 May;6(2):182–206.
36. Renström PA. Eight clinical conundrums relating to anterior cruciate ligament (ACL) injury in sport: recent evidence and a personal reflection: Table 1. *Br J Sports Med*. 2013 Apr;47(6):367–72.
37. Hoff J, Helgerud J. Endurance and strength training for soccer players: physiological considerations. *Sports Med*. 2004;34(3):165–80.
38. Rotaeche del Campo R, Gorroñogotia Iturbe A, Etxeberria Agirre A, Balagué Gea L. ¿Cómo formular preguntas clínicas contestables? *Guías Clínicas*. 2016;1–12.
39. Law M, Stewart D, Pollock N, Letts L, Bosch J, Westmorland M. Critical Review form – Qualitative Studies (Version 2.0). McMaster University 2007;1–4.

40. Law, M. Stewart, D. Pollock, N. Letts, L. Bosch, J Westmoreland M. Guidelines for Critical Review form: Qualitative Studies (Version 2.0). McMaster University. 2007;1–12.
41. Zebis MK, Andersen LL, Brandt M, Myklebust G, Bencke J, Lauridsen HB, et al. Effects of evidence-based prevention training on neuromuscular and biomechanical risk factors for ACL injury in adolescent female athletes: a randomised controlled trial. *Br J Sports Med*. 2016 May;50(9):552–7.
42. Noyes FR, Barber-Westin SD, Tutalo Smith ST, Campbell T. A training program to improve neuromuscular and performance indices in female high school soccer players. *J strength Cond Res*. 2013 Feb;27(2):340–51.
43. Steffen K, Emery CA, Romiti M, Kang J, Bizzini M, Dvorak J, et al. High adherence to a neuromuscular injury prevention programme (FIFA 11+) improves functional balance and reduces injury risk in Canadian youth female football players: a cluster randomised trial. *Br J Sports Med*. 2013 Aug;47(12):794–802.
44. Waldén M, Atroshi I, Magnusson H, Wagner P, Hägglund M. Prevention of acute knee injuries in adolescent female football players: cluster randomised controlled trial. *BMJ*. 2012 May 3;344:e3042.
45. Lindblom H, Waldén M, Hägglund M. No effect on performance tests from a neuromuscular warm-up programme in youth female football: a randomised controlled trial. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2012 Oct;20(10):2116–23.
46. Hewett TE, Lindenfeld TN, Riccobene J V., Noyes FR. The Effect of Neuromuscular Training on the Incidence of Knee Injury in Female Athletes. *Am J Sports Med*. 1999 Nov 17;27(6):699–706.
47. Soligard T, Grindem H, Bahr R, Andersen TE. Are skilled players at greater risk of injury in female youth football? *Br J Sports Med*. 2010 Dec 1;44(15):1118–23.
48. Herman K, Barton C, Malliaras P, Morrissey D. The effectiveness of neuromuscular warm-up strategies, that require no additional equipment, for preventing lower limb injuries during sports participation: a systematic review. *BMC Med*. 2012 Dec 19;10(1):75.
49. Noyes FR, Barber-Westin SD. Neuromuscular Retraining Intervention Programs: Do They Reduce Noncontact Anterior Cruciate Ligament Injury Rates in Adolescent Female Athletes? *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg*. 2014 Feb;30(2):245–55.

ANNEXES

ANNEX I. Avaluació de la qualitat metodològica

Escala Critical Review Form-Quantitative Studies (CRF-QS)

Objectius

1-Objectius clarament definits

Literatura

2-Literatura rellevant de fons

Disseny

3-Disseny apropiat de l'estudi

4-No presenta biaixos

Mostra

5-Descripció detallada de la mostra

6-Justificació de la mida de la mostra

7-Obtenció del consentiment informat

Mesurament dels resultats

8-Validesa de les mesures

9-Fiabilitat de les mesures

Intervenció

10-Descripció detallada de la intervenció

11-Contaminació evitada

12-Co-intervenció evitada

Resultats

13-Informe dels resultats estadístics

14-Mètode(s) apropiat per a l'anàlisi estadístic

15-Informe de rellevància clínica

16-Resgitre d'abandonaments

Conclusions i implicacions clíniques

17-Conclusions apropiades

18-Informe de les implicacions clíniques

19-Coneixement de les limitacions de l'estudi

Escala Center for Evidence-Based Medicine (CEBM). En l'escala CEBM d'Oxford no sols es té en compte les intervencions terapèutiques i preventives sinó també les lligades al diagnòstic, el pronòstic, els factors de risc i l'avaluació econòmica. Avalua tant el nivell d'evidència com el grau de recomanació dels estudis que s'analitzen.

Tabla VI. Niveles de evidencia (CEBM)

Nivel de evidencia	Tipo de estudio
1a	Revisión sistemática de ensayos clínicos aleatorizados, con homogeneidad.
1b	Ensayo clínico aleatorizado con intervalo de confianza estrecho.
1c	Práctica clínica ("todos o ninguno") (*)
2a	Revisión sistemática de estudios de cohortes, con homogeneidad.
2b	Estudio de cohortes o ensayo clínico aleatorizado de baja calidad (**)
2c	Outcomes research (***), estudios ecológicos.
3a	Revisión sistemática de estudios de casos y controles, con homogeneidad.
3b	Estudio de casos y controles.
4	Serie de casos o estudios de cohortes y de casos y controles de baja calidad (****)
5	Opinión de expertos sin valoración crítica explícita, o basados en la fisiología, <i>bench research</i> o <i>first principles</i> (*****)

Se debe añadir un signo menos (-) para indicar que el nivel de evidencia no es concluyente si:

- Ensayo clínico aleatorizado con intervalo de confianza amplio y no estadísticamente significativo.
- Revisión sistemática con heterogeneidad estadísticamente significativa.

(*) Cuando todos los pacientes mueren antes de que un determinado tratamiento esté disponible, y con él algunos pacientes sobreviven, o bien cuando algunos pacientes morían antes de su disponibilidad, y con él no muere ninguno.

(**) Por ejemplo, con seguimiento inferior al 80%.

(***) El término *outcomes research* hace referencia a estudios de cohortes de pacientes con el mismo diagnóstico en los que se relacionan los eventos que suceden con las medidas terapéuticas que reciben.

(****) Estudio de cohortes: sin clara definición de los grupos comparados y/o sin medición objetiva de las exposiciones y eventos (preferentemente ciega) y/o sin identificar o controlar adecuadamente variables de confusión conocidas y/o sin seguimiento completo y suficientemente prolongado. Estudio de casos y controles: sin clara definición de los grupos comparados y/o sin medición objetiva de las exposiciones y eventos (preferentemente ciega) y/o sin identificar o controlar adecuadamente variables de confusión conocidas.

(*****) El término *first principles* hace referencia a la adopción de determinada práctica clínica basada en principios fisiopatológicos.

Tabla VII. Grados de recomendación (CEBM)

Grado de recomendación	Nivel de evidencia
A	Estudios de nivel 1.
B	Estudios de nivel 2-3, o extrapolación de estudios de nivel 1.
C	Estudios de nivel 4, o extrapolación de estudios de nivel 2-3.
D	Estudios de nivel 5, o estudios no concluyentes de cualquier nivel.

La extrapolación se aplica cuando nuestro escenario clínico tiene diferencias importantes respecto a la situación original del estudio.